

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3508888 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**H01 Q 17/00**  
C 03 C 25/00  
D 04 H 13/00

②① Aktenzeichen: P 35 08 888.5  
②② Anmeldetag: 13. 3. 85  
④③ Offenlegungstag: 25. 9. 86

DE 3508888 A1

DE 3508888 A1

⑦① Anmelder:  
Battelle-Institut e.V., 6000 Frankfurt, DE

⑦② Erfinder:  
Grünthaler, Karl-Heinz, Dr., 6390 Usingen, DE;  
Poeschel, Eva, Dr., 6232 Bad Soden, DE;  
Schwandtner, Klaus, Dr., 6231 Schwalbach, DE

⑤④ **Dünnschichtabsorber für elektromagnetische Wellen**

Ein Dünnschichtabsorber für elektromagnetische Wellen besteht aus einem elektrisch isolierenden Träger mit in oder auf dem Träger angeordneten, als gedämpfte Empfangsantennen wirkenden Einzelstrukturen. Die Einzelstrukturen bestehen aus Fasern, vorzugsweise aus Kohlenstoff oder Siliziumcarbid, und sind flach ausgebildet. Sie weisen eine mittlere Öffnung auf, deren Durchmesser etwa die Hälfte der zu absorbierenden Wellenlänge beträgt.

DE 3508888 A1

BATTELLE-INSTITUT E.V., Frankfurt/Main

=====

Dünnschichtabsorber für elektromagnetische  
Wellen

=====

Patentansprüche

1. Dünnschichtabsorber für elektromagnetische Wellen,  
mit einer Absorberfläche, die aus einer Vielzahl  
von elektrisch leitfähigen, voneinander isolierten  
und als gedämpfte Empfangsantennen wirkenden Einzel-  
strukturen zusammengesetzt ist, die in oder auf  
einem elektrisch isolierenden Trägermaterial ange-  
ordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzel-  
strukturen (1) aus Fasern bestehen und flach ausge-  
bildet sind und der elektrische Widerstand der  
Einzelstrukturen bei der zu absorbierenden Frequenz  
zwischen 50 und 1500 Ohm liegt und daß die Einzel-  
strukturen eine mittlere Öffnung (2) aufweisen,  
deren Durchmesser etwa die Hälfte der zu absor-  
bierenden Wellenlänge beträgt.
2. Dünnschichtabsorber nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Fasern aus Kohlenstoff und/oder  
Siliziumcarbid bestehen.
3. Dünnschichtabsorber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß der elektrische Widerstand der  
Einzelstrukturen etwa 100 Ohm beträgt.

4. Dünnschichtabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelstrukturen  
(1) aus Faservlies bestehen.
- 5 5. Dünnschichtabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelstrukturen (1)  
rechteckig ausgebildet und auf dem Träger flächen-  
deckend angeordnet sind.
- 10 6. Dünnschichtabsorber nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Trägerlagen  
mit aufgebrachten Einzelstrukturen miteinander verbunden  
sind, wobei der Durchmesser der Öffnungen der Einzel-  
strukturen in oberen Lagen größer ist als in unteren  
15 Lagen und/oder die oberen Lagen eine größere Anzahl  
von Einzelstrukturen aufweisen.
- 20 7. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschichtabsorbers  
nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß aus einem dünnen Faservlies Einzel-  
strukturen und/oder Löcher herausgetrennt und das ge-  
lochte Vlies oder die Einzelstrukturen auf einen  
dünnen Träger aufgeklebt werden und gegebenenfalls  
das gelochte Vlies zwischen den Löchern durchge-  
25 trennt wird.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Faservlies aus Fasern hergestellt wird, die  
mit einem elektrisch isolierenden, insbesondere  
thermoplastischen Kunststoff beschichtet sind, und  
daß die aus diesem Vlies hergestellten Einzelstruk-  
turen durch örtliche Anwendung von Druck und Wärme  
derart zusammengepresst werden, daß in den Einzel-

strukturen die Fasern sich gegenseitig berühren.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Faservlies direkt auf dem Träger hergestellt wird, indem wendelförmig gewickelte Faserbündeln in Abschnitte vorgegebener Länge geschnitten, die lockenförmige Faserabschnitte auf den mit Klebstoff beschichteten Träger gestreut und angepresst werden.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß über den Druck beim Anpressen der Einzelstrukturen auf den Träger deren elektrischer Widerstand optimiert wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Träger eine Kunststofffolie und als Fasern Kohlenstoff- und/oder Siliziumkarbidfasern verwendet werden.

20

- , -

25

30

35

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Dünnschichtabsorber für elektromagnetische Wellen, mit einer Absorberfläche, die aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen, von-  
5 einander isolierten und als gedämpfte Empfangsantennen wirkenden Einzelstrukturen zusammengesetzt ist, die in oder auf einem elektrisch isolierenden Trägermaterial angeordnet sind, sowie ein Verfahren zu dessen Her-  
10 stellung.

Bekannt sind Radardickschichtabsorber, die als Matten mit pyramidenförmiger Oberfläche ausgebildet sind. Elektromagnetische Wellen, deren Wellenlänge größer  
15 ist als die Höhe der Pyramide, werden nicht mehr absorbiert. Ferner sind Platten oder Schalen aus Verbundwerkstoffen beschrieben, die aus einem dünnen Trägermaterial und einer Vielzahl darauf angeordneter geometrischer Gebilde aus nichtmetallischem, elektrisch  
20 leitfähigem Stoff bestehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Radar-dünnschichtabsorber bereitzustellen, der eine hohe Festigkeit und ein breitbandiges Absorptionsvermögen  
25 besitzt.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Einzelstrukturen aus Fasern bestehen und flach  
30 ausgebildet sind und der elektrische Widerstand der Einzelstruktur zwischen 50 und 1500 Ohm liegt und daß die Einzelstrukturen eine mittlere Öffnung aufweisen, deren Durchmesser in der Größenordnung von  $1/4$  der zu absorbierenden Wellenlänge beträgt.  
35

Ansprüche 2 bis 6 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen und 8 bis 11 ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Dünnschichtabsorbers.

5 Erfindungsgemäß wird ein Radardünnschichtabsorber hoher Festigkeit und mit breitbandigem Absorptionsvermögen bereitgestellt. Er wird als faserverstärkter Verbundwerkstoff mit in einer Kunststoffmatrix angeordneten  
10 Strukturen aus hochfesten, nichtmetallischen, elektrisch leitfähigen Fasern, z.B. aus Kohlenstoff und Siliziumkarbid, ausgeführt. Die Faserstrukturen sind so ausgelegt, daß die auftreffenden Radarwellen Ringströme induzieren, wobei mehr als 90 % der auftreffenden Strahlung absorbiert werden. Zugleich dienen die  
15 Fasern der Festigkeitssteigerung der Kunststoffmatrix und bieten damit die Möglichkeit Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen mit hohem Absorptionsvermögen herzustellen. Solche Bauteile dienen insbesondere zur Beplankung von Land-, Luft- und See-  
20 fahrzeugen.

Die erfindungsgemäßen Radardünnschichtabsorber bestehen aus einer elektrisch nichtleitenden Matrix, z. B. aus Kunststoff, wie Polyvinylchlorid, Schaumstoff, Holz  
25 u. dgl.. Die Dicke des Trägers beträgt etwa  $\lambda/4\sqrt{\epsilon}$  wobei  $\epsilon$  die dielektrische Konstante des Trägermaterials bedeutet. Die Absorberstrukturen werden auf diese Matrix aufgebracht oder darin eingebettet. Sie sind in sich geschlossen, voneinander weitgehend elektrisch isoliert und in sich elektrisch leitfähig. Die  
30 Einzelstrukturen sind in der Größenordnung der zu absorbierenden Wellenlänge und bestehen aus hochfesten Fasern, insbesondere aus Kohlenstoff oder Siliziumkarbid. Solche Fasern weisen einen spezifischen elek-

35

trischen Widerstand von einigen Hundert, insbesondere von 600 bis  $10^5 \Omega \text{cm}$  auf. Dies hat den Vorteil, daß sich aus diesen Fasern besonders leicht der für eine optimale Absorption erforderliche elektrische Widerstand der Absorberstrukturen von einigen 100 Ohm realisieren läßt. Die erfindungsgemäßen Absorberstrukturen weisen nur ein sehr geringes Rückstreuvermögen auf. Zugleich lassen sich die hohe Festigkeit und das geringe spezifische Gewicht vorteilhaft zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoffbauteilen nutzen, welche ein hohes Absorptionsvermögen mit einer hohen Festigkeit vereinen.

Das Ausgangsmaterial zur Herstellung des erfindungsgemäßen Dünnschichtabsorbers ist ein dünnes Vlies, aus in der Ebene regellos angeordneten Fasern, deren Zusammenhalt durch Aufsprühen oder Imprägnieren mit einem Kleber zusätzlich verbessert werden kann. Nach einer Ausführungsform werden aus diesem Vlies in regelmäßigen oder willkürlichen Abständen voneinander Löcher ausgestanzt, deren Durchmesser in der Größenordnung von der Hälfte der zu absorbierenden Wellenlänge beträgt. Das gelochte Vlies kann dann auf eine Kunststofffolie aufgeklebt werden. Der elektrische Widerstand des Vlieses kann durch den, beim Aufkleben ausgeübten Druck verringert und damit auf den erforderlichen Wert gebracht werden. Anschließend werden die zwischen den Löchern verbleibenden Stege gitterförmig durchgetrennt. Dadurch werden voneinander getrennte, elektrisch voneinander isolierte und in sich geschlossene Einzelstrukturen gebildet.

Zur Steigerung des Absorptionsvermögens oder zur Her-

stellung von faserverstärkten Bauelementen können dann Folienpakete entweder durch Klebstoff oder durch Zwischenlagen von thermoplastischen Kunststofffolien und Anwendung von Druck und Wärme miteinander verbunden werden. Auf diesem Wege können in einfacher Weise faserverstärkte Bauteile mit hohem Absorptionsvermögen erhalten werden. Schon an einzelnen Folien werden Dämpfungswerte von 10 dB und darüber im Vergleich zu metallischen Flächen ermittelt. Es ist daher von Vorteil, die aus einer Lage bestehende Folie direkt auf Metalloberflächen aufzukleben, wobei der optimale Abstand zwischen der absorbierenden Faserstruktur und der Metalloberfläche durch die Wahl einer Kunststoffolie mit einer entsprechenden Dicke erfolgt. In derselben Weise wird der optimale Abstand in mehrlagigen Strukturen durch die Dicke der Kunststoffolien eingestellt.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung der erfindungsgemäßen Dünnschichtabsorber besteht darin, daß man als Ausgangsmaterial z. B. wendelförmig gebogene Faserbündel verwendet. Von diesen Faserbündeln werden Abschnitte von einigen Zentimetern Länge geschnitten und auf eine mit Klebstoff beschichtete Kunststoffolie aufgebracht. Die Fasern bilden geschlossene, ringförmige Strukturen mit einem Durchmesser von etwa 1 cm. Diese Strukturen werden anschliessend durch eine dünne Kunststoffolie geschützt und unter einem Anpressdruck aufgepresst, der zur Erzielung des erforderlichen Widerstands der ringförmigen Struktur geeignet ist. Durch Verbinden mehrerer Lagen können, wie oben erläutert, faserverstärkte Kunststoffbauteile mit hohem Absorptionsvermögen hergestellt werden.



Nach einer weiteren Ausführungsform werden Fasern aus Kohlenstoff oder Siliziumkarbid mit einer dünnen, elektrisch nichtleitenden Schicht aus einem thermoplastischen Kunststoff versehen. Aus diesen Fasern wird dann ein dünnes, ebenes Vlies hergestellt, in dem die Fasern in der Ebene regellos angeordnet sind. Die Fasern sind zwar über die Kunststoffschichten mechanisch miteinander verbunden aber elektrisch voneinander isoliert. Somit ist das gesamte Vlies elektrisch nicht leitend.

In diesem Vlies werden dann die Einzelabsorberstrukturen durch Anwendung von Druck und Wärme eingepreßt. Dabei kommen sich die Fasern im Vlies an den zusammengepressten Stellen derart nah, daß ein elektrisch leitfähiger Verbund entsteht. Auch kann der elektrische Widerstand durch die Wahl des Druckes eingestellt werden, so daß in sich geschlossene, elektrisch leitende und voneinander isolierte Strukturen mit einem elektrischen Widerstand der Größenordnung 100 Ohm entstehen.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß bei der Herstellung der elektrisch leitfähigen Strukturen keine Fasern getrennt werden müssen und damit die volle Festigkeit erhalten bleibt. Weiterhin läßt sich das Verfahren kontinuierlich gestalten, indem man beschichtete Fasern kontinuierlich zu einem dünnen Vlies verarbeitet und dieses dann durch eine aufgeheizte Prägewalze zum Einpressen der elektrisch leitfähigen Strukturen schickt. Im Anschluß daran kann das strukturierte Vlies kontinuierlich auf ein Kunststoffband aufgeklebt und die fertige Folie aufgerollt werden.

Der große Vorteil des strukturierten Vlieses kann darin gesehen werden, daß es die Möglichkeit erschließt, Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen nach dem Auflegeverfahren bereitzustellen. Zu diesem Zweck wird auf das mit Trennlack und/oder Trennpaste versehene Formwerkzeug eine 0,3 bis 0,6 mm dicke faserfreie Feinschicht aus einem Reaktionsharz aufgebracht. Im Handlaminierverfahren wird das strukturierte Vlies Schicht um Schicht aufgelegt und mit portionsweise aufgegossenen kalthärtenden Harz etwa auf Epoxyd-basis luftblasenfrei durchtrennt. Im Anschluß daran kann eine Nachhärtung in einem Warmluftofen erfolgen. Das Verfahren erlaubt auch die Herstellung konventioneller kohlenstofffaser- bzw. glasfaserverstärkter Kunststoffe mit einer Oberflächenlage aus strukturiertem Vlies.

Es besteht damit die Möglichkeit, faserverstärkte Bauteile wie Flügel, Leitwerke und Rumpfteile im Flugzeugbau mit radarabsorbierten Oberflächen herzustellen, die im Bauteil integriert sind. Das gleiche gilt für Rümpfe und Aufbauten von Schiffen sowie von Karosserieteilen von Fahrzeugen.

Die Erfindung wird anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einzelne Absorberstrukturen auf einer Kunststoffolie.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestehen die Absorberstrukturen aus rechteckigen Elementen, 1, die zentral mit einer Bohrung 2 versehen sind. Die einzelnen Elemente sind voneinander elektrisch isoliert und zwar durch die Kunststoffolie 3,

auf der sie aufgeklebt sind. Vorzugsweise beträgt die  
Breite eines Einzelelementes weniger als die zu ab-  
sorbierende Wellenlänge, während der mittlere Ab-  
stand der Löcher zweier benachbarter Elemente größer  
5 als die halbe Wellenlänge der zu absorbierenden Welle  
ist.

- , -

10

15

20

25

30

35

-44-

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

35 08 888  
H 01 Q 17/00  
13. März 1985  
25. September 1986

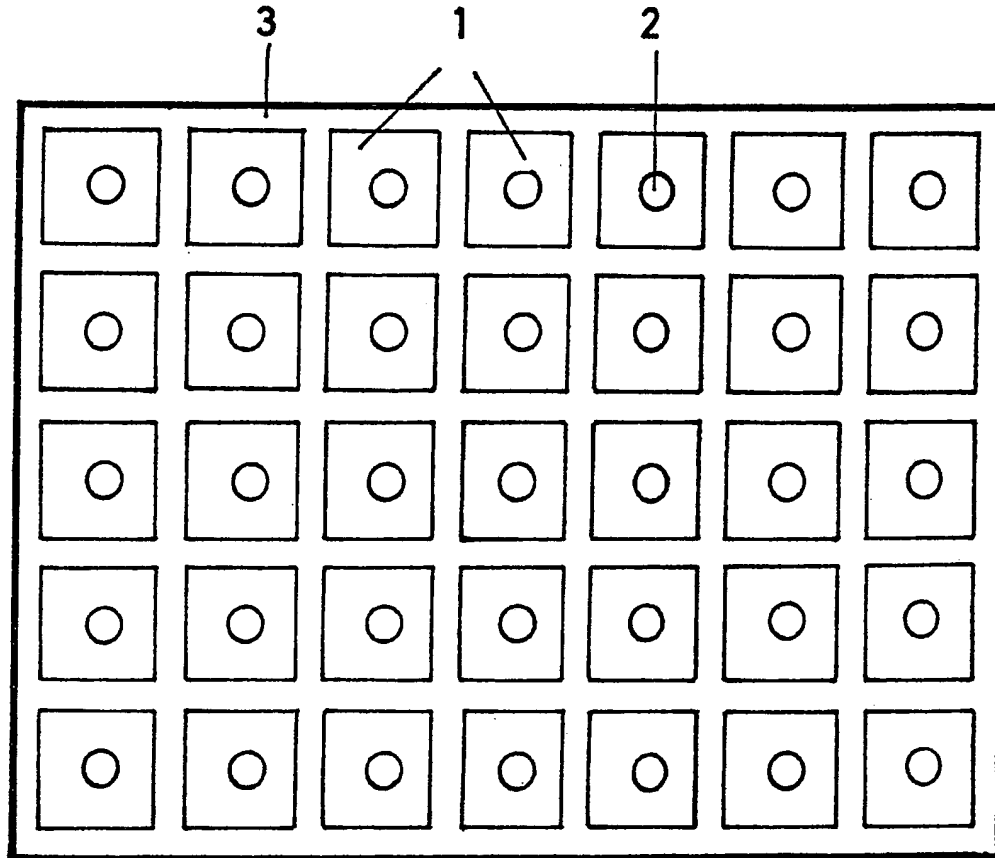


FIG. 1

BEST AVAILABLE COPY

ORIGINAL INSPECTED